



⑯ BUNDESREPUBLIK  
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES  
PATENT- UND  
MARKENAMT

⑫ Offenlegungsschrift  
⑩ DE 101 50 401 A 1

⑮ Int. Cl.<sup>7</sup>:  
H 01 S 5/026

DE 101 50 401 A 1

⑯ Aktenzeichen: 101 50 401.2  
⑯ Anmeldetag: 11. 10. 2001  
⑯ Offenlegungstag: 23. 5. 2002

- ⑯ Unionspriorität:  
09/688,064 13. 10. 2000 US
- ⑯ Anmelder:  
Agilent Technologies, Inc. (n.d.Ges.d.Staates Delaware), Palo Alto, Calif., US
- ⑯ Vertreter:  
Schoppe, Zimmermann, Stöckeler & Zinkler, 81479 München

⑯ Erfinder:  
Miller, David B., Los Angeles, Calif., US; Chan, Hing-Wah, San Jose, Calif., US; Snyder, Tanya J., Edina, M, US

**Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen**

Prüfungsantrag gem. § 44 PatG ist gestellt

⑯ Ausrichten eines optischen Bauelementsystems mit einem optischen Linsensystem

⑯ Ein Schema (Systeme und Verfahren) zum passiven Ausrichten von einem oder mehreren optischen Bauelementen mit einer entsprechenden Anzahl von optischen Linsen auf eine genaue und effiziente Weise ist beschrieben. Durch diesen Lösungsansatz verhindert die Erfindung die oft arbeitsintensiven und teuren Schritte, die von herkömmlichen aktiven Ausrichtungstechniken erfordert werden, die versuchen, die optischen Bauelemente mit den optischen Fasern auszurichten. Bei einem Aspekt umfaßt ein optoelektronisches Bauelement ein optisches Bauelementssystem, ein optisches Linsensystem und eine Mehrzahl von Lötmittelhöckern, die dazwischen angeordnet sind. Das optische Bauelementssystem umfaßt ein optisches Bauelementsubstrat, das eines oder mehrere optische Bauelemente trägt, und eine lötbare Metallisierungsstruktur mit einer räumlichen Anordnung bezüglich des einen oder der mehreren optischen Bauelemente. Das optische Linsensystem umfaßt eine oder mehrere optische Linsen und eine Bauelementverbindungsoberfläche, die eine lötbare Metallisierungsstruktur mit einer räumlichen Anordnung bezüglich der einen oder den mehreren optischen Linsen umfaßt. Die Lötmittelhöcker sind zwischen den Metallisierungsstrukturen des optischen Bauelementssystems und des optischen Linsensystems angeordnet. Die Mehrzahl von Lötmittelhöckern verbinden das optische Bauelementsubstrat mit der Bauelementverbindungsoberfläche, wobei das eine oder die mehreren optischen Bauelemente mit der einen oder den mehreren ...

DE 101 50 401 A 1

## Beschreibung

[0001] Diese Erfindung bezieht sich auf Systeme und Verfahren zum Ausrichten eines optischen Bauelementssystems mit einem optischen Linsensystem.

[0002] Viele hochentwickelte Kommunikationssysteme übertragen Informationen durch eine Mehrzahl von parallelen optischen Kommunikationskanälen. Die optischen Kommunikationskanäle können durch eine Lichtwellenleiter-Bandverbindung (oder ein Lichtwellenleiterkabel) definiert sein, das aus einem Bündel aus Glas- oder Plastikfasern gebildet ist, von denen jede in der Lage ist, Daten unabhängig von den anderen Fasern zu übertragen. Gegenüber Metalldrahtverbindungen weisen optische Fasern eine viel größere Bandbreite auf, sie sind weniger anfällig für Störungen und sie sind viel dünner und leichter. Aufgrund dieser vorteilhaften physikalischen und Datenübertragungseigenschaften wurden Bemühungen unternommen, Lichtwellenleiter in Computersystementwicklungen zu integrieren. Bei einem lokalen Netz können Lichtwellenleiter beispielsweise verwendet werden, um eine Mehrzahl von lokalen Computern mit einer zentralen Ausrüstung, wie z. B. Servern und Druckern, zu verbinden. Bei dieser Anordnung weist jeder Computer einen optischen Empfänger zum Senden und Empfangen von optischen Informationen auf. Der optische Empfänger kann auf einer gedruckten Schaltungsplatine befestigt sein, die eine oder mehrere integrierte Schaltungen trägt. Typischerweise umfaßt jeder Computer mehrere gedruckte Schaltungsplatten, die in die Steckstellen einer gemeinsamen Rückwandplatine eingesteckt sind. Die Rückwandplatine kann aktiv sein (d. h. dieselbe umfaßt eine Logikschaltungsanordnung zum Durchführen von Berechnungsfunktionen), oder dieselbe kann passiv sein (d. h. dieselbe enthält keine Logikschaltungsanordnung). Ein Lichtwellenleiterkabel eines externen Netzes kann durch einen Lichtwellenleiterverinder, der mit der Rückwandplatine gekoppelt ist, mit dem optischen Empfänger verbunden sein.

[0003] Vertikalresonatoroberflächenemissionslaser (VCSEL) sind ein wichtiges Element der Lichtwellenleiterverbindungen bei moderner Datenkommunikation geworden. Beispielsweise haben VCSEL bei allen lokalen Netzanwendungen für Datenraten von 1 Gigabit pro Sekunde (Gb/s) oder höher lichtemittierende Dioden (LED) ersetzt. Die rasante Erhöhung des Internetverkehrs erzeugt Kommunikationsengpässe bei den Rückwandplatten von Computern und bei den Schaltern und Routern, die den Datenfluß durch die Computernetzwerke leiten. Da diese Anwendungen einen relativ kurzen Abstand überbrücken (z. B. etwa 1–100 Meter) ist es ökonomischer, statt serielle Verbindungen über eine einzige Faser mit höherer Geschwindigkeit parallele Verbindungen über Mehrfachfasern zu verwenden. Von besonderem Interesse ist eine Anwendung mit zwölf Kanälen, die bei 2,5 Gb/s arbeiten. Für Kurzstreckenanwendungen, bei denen die Kosten für Zwölf-Faser-Bandverbindungen relativ niedrig sind, ist diese Parallellösung weniger aufwendig als ein serieller Kanal, der mit der kombinierten Datenrate von 30 Gb/s arbeitet. Bandverbindungen mit vier Fasern, acht Fasern und sechzehn Fasern, die mit Datenraten von 1–10 Gb/s pro Kanal und mit Aggregatdurchsätzen, die 100 Gb/s überschreiten, arbeiten, werden voraussichtlich innerhalb der nächsten zwei Jahre entwickelt.

[0004] Von der Entwicklung her emittiert ein VCSEL Laserlicht von der oberen Oberfläche eines lichtemittierenden Hohlraums mit einer relativ kleinen Strahldivergenz (d. h. in der Größenordnung von 10°). Diese Merkmale ermöglichen es, daß VCSEL in eindimensionalen oder zweidimensionalen Arrays angeordnet werden, parallel getestet werden und

leicht auf ein optisches Empfängermodul eingebaut werden und mit einer Lichtwellenleiter-Bandverbindung gekoppelt werden können. Es wurden Bemühungen unternommen, das Problem des Ausrichtens der optischen Tore eines optischen

5 Empfängermoduls mit den Fasern einer Lichtwellenleiter-Bandverbindung zu vereinfachen. Bei einem Einfaser-Ausrichtungs-Lösungsansatz ist das optoelektronische Bauelement mit einer Empfängerpackung chip- und drahtverbunden, so daß dasselbe zu seiner normalen Betriebsbedingung 10 vorgespannt werden kann. Das Eingangsende der Faser wird vor der aktiven Region des optoelektronischen Bauelements mechanisch bearbeitet, bis eine optische Kopplung zwischen der Faser und der optoelektronischen Bauelement erreicht ist. Nachdem die optimale Kopplung erreicht wurde, 15 wird das optoelektronische Bauelement an seinem Platz befestigt. Dieser Prozeß erfordert entweder menschliches Eingreifen oder eine aufwendige Ausrüstung, die die Faser automatisch in die optimale Position einfügt. Dieser herkömmliche Ausrichtungsprozeß wird wesentlich komplizierter, wenn er auf die Kopplung von Arrays von optischen Fasern mit Arrays von optoelektronischen Bauelementen angewendet wird. Zusätzliche Schwierigkeiten ergeben sich, wenn ein optisches Linsensystem zwischen den optoelektronischen Bauelementen und den optischen Fasern ausgerichtet werden muß.

20 [0005] Es ist die Aufgabe der vorliegenden Erfindung, ein optoelektronisches Bauelement mit verbesserten Charakteristika und ein Verfahren zum verbesserten Ausrichten derselben zu schaffen.

25 [0006] Diese Aufgabe wird durch ein optoelektronisches Bauelement gemäß Anspruch 1 und Anspruch 13 und durch ein Verfahren gemäß Anspruch 14 gelöst.

[0007] Die Erfindung weist ein Schema (Systeme und Verfahren) zum passiven Ausrichten von einem oder mehreren optischen Bauelementen mit einer entsprechenden Anzahl von optischen Linsen auf eine genaue und effiziente Weise auf. Durch diesen Lösungsansatz vermeidet die Erfindung die oft arbeitsintensiven und teueren Schritte, die bei herkömmlichen aktiven Ausrichtungstechniken erforderlich 30 sind, die versuchen, die optischen Bauelemente mit den optischen Fasern auszurichten.

[0008] Bei einem Aspekt weist die Erfindung folgende Merkmale auf: ein optoelektronisches Bauelement, das ein optisches Bauelementssystem umfaßt, ein optisches Linsensystem und eine Mehrzahl von Lötmittelhöckern, die dazwischen angeordnet sind. Das optische Bauelementssystem umfaßt ein optisches Bauelementsubstrat, das eines oder mehrere optische Bauelemente trägt, und eine lötbare Metallisierungsstruktur mit einer räumlichen Anordnung bezüglich des einen oder der mehreren optischen Bauelemente. Das optische Linsensystem umfaßt eine oder mehrere optische Linsen und eine Bauelementverbindungsüberfläche, die eine lötbare Metallisierungsstruktur mit einer räumlichen Anordnung bezüglich der einen oder den mehreren optischen Linsen trägt.

40 Die Lötmittelhöcker sind zwischen dem Metallisierungsstrukturen des optischen Bauelementssystems und dem optischen Linsensystem angeordnet. Die Mehrzahl der Lötmittelhöcker verbinden das optische Bauelementsubstrat mit der Bauelementverbindungsüberfläche mit dem einen oder den mehreren optischen Bauelementen, die mit der einen oder den mehreren optischen Linsen verbunden sind. 45 [0009] Ausführungsbeispiele gemäß diesem Aspekt der Erfindung können eines oder mehrere der folgenden Merkmale umfassen.

[0010] Die eine oder mehrere optischen Linsen können in der Bauelementverbindungsüberfläche enthalten sein. Alternativ können die eine oder mehrere optischen Linsen unterhalb der Bauelementverbindungsüberfläche angeordnet

sein.

[0011] Bei einigen Ausführungsbeispielen umfaßt das optische Linsensystem ein optisches Substrat, das die eine oder mehrere Linsen umfaßt und die Bauelementverbindungs-oberfläche definiert eine Fläche eines Abstandhaltersubstrats. Das optische Substrat kann durch einen Waferbondingprozeß oder durch einen Flip-Chip-Lötverbindungsprozeß mit dem Abstandhaltersubstrat verbunden werden. Die Dicke des Bauelementverbindungssubstrats wird vorzugsweise auf der Basis eines repräsentativen fokalen Abstands zwischen dem einen oder den mehreren optischen Bauelementen und der einen oder den mehreren optischen Linsen ausgewählt. Das Abstandhaltersubstrat kann transparent sein oder es kann eine oder mehrere Öffnungen umfassen, durch die Licht zwischen dem einen oder den mehreren optischen Bauelementen und der einen oder den mehreren optischen Linsen übertragen wird. Eine integrierte Schaltung kann auf dem Abstandhaltersubstrat gebildet sein und kann konfiguriert sein, um das eine oder die mehreren optischen Bauelemente zu treiben. Alternativ kann die integrierte Schaltung durch einen Flip-Chip-Lötverbindungsprozeß mit dem Abstandhaltersubstrat verbunden werden.

[0012] Bei einigen Ausführungsbeispielen kann eine charakteristische Dimension der Mehrzahl von Lötmittelhöckern auf der Basis eines repräsentativen fokalen Abstands zwischen einem oder mehreren optischen Bauelementen und der einen oder den mehreren optischen Linsen ausgewählt werden.

[0013] Das eine oder die mehreren optischen Bauelemente können einen Vertikalresonatoroberflächenemissionslaser oder einen Detektor oder beides umfassen.

[0014] Bei einem weiteren Aspekt weist die Erfindung ein optoelektronisches Bauelement auf, das ein optisches Linsensystem und ein optisches Bauelementssystem umfaßt. Das optische Linsensystem umfaßt ein Linsensubstrat, das eine oder mehrere optische Linsen trägt, und ein Abstandhaltersubstrat, das eine oder mehrere Öffnungen durch dasselbe definiert. Das optische Bauelementssystem umfaßt ein Bauelementsubstrat, das eines oder mehrere optische Bauelemente trägt. Das Linsensubstrat ist mit dem Abstandhaltersubstrat verbunden, und das Abstandhaltersubstrat ist mit dem Bauelementsubstrat mit der einen oder den mehreren optischen Linsen verbunden, wobei die eine oder die mehreren optischen Öffnungen und das eine oder die mehreren optischen Bauelemente in übereinstimmender Ausrichtung zusammengehalten sind.

[0015] Bei einem weiteren Aspekt weist die Erfindung ein Verfahren zum Ausrichten eines optischen Bauelementssystems und eines optischen Linsensystems auf. Gemäß diesem erfindungsgemäßen Verfahren ist ein optisches Bauelementssystem, das ein oder mehrere optische Bauelemente und eine lötbare Metallisierungsstruktur aufweist, benachbart zu einem optischen Linsensystem positioniert, das eine oder mehrere optische Linsen und eine lötbare Metallisierungsstruktur mit einer Mehrzahl von Lötmittelhöckern aufweist, die darauf befestigt sind. Die Mehrzahl von Lötmittelhöckern werden auf eine Temperatur an oder über dem Schmelzpunkt der Lötmittelhöcker erwärmt. Beim Abkühlen verbindet die Mehrzahl der Lötmittelhöcker das optische Bauelementssystem mit dem optischen Linsensystem, wobei das eine oder die mehreren optischen Bauelemente mit der einen oder den mehreren optischen Linsen ausgerichtet sind.

[0016] Zu den Vorteilen der Erfindung gehören die folgenden.

[0017] Dadurch, daß es dem optischen Bauelementssystem ermöglicht wird, passiv mit dem optischen Linsensystem ausgerichtet zu sein, reduziert die Erfindung die Herstellungskosten und die Herstellungszeit. Die Erfindung redu-

ziert außerdem die Empfindlichkeit der Leistungsfähigkeit des optischen Bauelements gegenüber der Dicke des optischen Bauelementsubstrats durch Verbinden der Bauelementseite des optischen Bauelementsubstrats mit der Bauelementverbindungs-oberfläche des optischen Linsensystems. Außerdem ermöglicht es die Erfindung, daß elektrische Verbindungen durch die Lötmittelhöckerverbindungen hergestellt werden, und vermeidet dadurch den Bedarf nach elektrischen Bonddrahtverbindungen. Dieses Merkmal reduziert die Induktivität und die elektromagnetischen Störungsemissionen, die im allgemeinen mit solchen drahtgebundenen Verbindungen verbunden sind.

[0018] Andere Merkmale und Vorteile der Erfindung werden durch die folgende Beschreibung, einschließlich der Zeichnungen und der Ansprüche offensichtlich werden.

[0019] Bevorzugte Ausführungsbeispiele der vorliegenden Erfindung werden nachfolgend Bezug nehmend auf die beiliegenden Zeichnungen näher erläutert. Es zeigen:

[0020] Fig. 1 eine schematische Seitenansicht eines Vertikalresonatoroberflächenemissionslasers.

[0021] Fig. 2 eine schematische Seitenansicht eines optischen Bauelementssystems, das mit einem optischen Linsensystem ausgerichtet und verbunden ist.

[0022] Fig. 3 eine schematische Seitenansicht eines optischen Bauelementssystems, das mit einem optischen Linsensystem ausgerichtet und verbunden ist, das ein optisches Bauelement aufweist, das unterhalb einer Bauelementverbindungs-oberfläche eingelassen ist.

[0023] Fig. 4A eine schematische Seitenansicht eines optischen Bauelementssystems, das mit einem optischen Linsensystem ausgerichtet und verbunden ist, das aus einem Abstandhaltersubstrat gebildet ist, das durch einen Waferbondingprozeß mit einem optischen Substrat verbunden ist.

[0024] Fig. 4B eine schematische Seitenansicht eines optischen Bauelementssystems, das mit einem optischen Linsensystem ausgerichtet und verbunden ist, das aus einem Abstandhaltersubstrat gebildet ist, das durch einen Lötmittelhöckeraufschmelzprozeß mit einem optischen Substrat verbunden ist.

[0025] Fig. 5A eine schematische Seitenansicht eines optischen Bauelementssystems, das ein Array von optischen Bauelementen umfaßt, die mit einem optischen Linsensystem ausgerichtet und verbunden sind, das aus einem optischen Substrat und einem Abstandhaltersubstrat mit einer einzelnen Öffnung gebildet ist.

[0026] Fig. 5B eine schematische Seitenansicht eines optischen Bauelementssystems, das ein Array von optischen Bauelementen umfaßt, die mit einem optischen Linsensystem ausgerichtet und verbunden sind, das aus einem optischen Substrat und einem Abstandhaltersubstrat mit einer Mehrzahl von Öffnungen gebildet ist.

[0027] Fig. 6A eine schematische Seitenansicht eines optischen Bauelementssystems, das mit einem Abstandhaltersubstrat mit einer einstückigen integrierten Schaltung verbunden ist.

[0028] Fig. 6B eine schematische Seitenansicht eines optischen Bauelementssystems, das mit einem Abstandhaltersubstrat verbunden ist, an das eine integrierte Schaltung durch einen Flip-Chip-Lötverbindungsprozeß verbunden ist.

[0029] Fig. 7A eine schematische Draufsicht eines optischen Bauelementarrays und eines Paares von versetzten Arrays von lötbaren Verbindungsanschlußflächen, die entlang gegenüberliegenden Seiten des optischen Bauelementarrays verlaufen.

[0030] Fig. 7B eine schematische Draufsicht eines Abstandssubstrats, das ein regelmäßiges rechteckiges Array von lötbaren Verbindungstaktanschlußflächen auf gegen-

überliegenden Seiten einer Öffnung trägt.

[0031] Bei der folgenden Beschreibung werden gleiche Bezugszeichen verwendet, um gleiche Elemente zu bezeichnen. Ferner sollen die Zeichnungen Hauptmerkmale von beispielhaften Ausführungsbeispielen auf schematische Weise darstellen. Die Zeichnungen sollen nicht jedes Merkmal von tatsächlichen Ausführungsbeispielen oder relative Abmessungen der dargestellten Elemente zeigen, und sind nicht maßstabsgerecht gezeichnet.

[0032] Mit Bezugnahme auf **Fig. 1** kann jedes der folgenden Ausführungsbeispiele eines oder mehrere optische Bauelemente umfassen, einschließlich eines Vertikalresonatoroberflächenemissionslasers (VCSEL) **20** und einer Halbleiterdiode. Der VCSEL **20** kann aus wechselnden Schichten aus Halbleitermaterial auf einem Halbleitersubstrat gebildet sein. Jeder VCSEL umfaßt einen unteren Spiegel **22**, einen oberen Spiegel **24** und eine Verstärkungsregion **26**. Jeder VCSEL kann außerdem eine oder mehrere Verbindungsanschlüsse (nicht gezeigt) umfassen, mit der eine elektrische Treiberschaltung einer Adapterkarte verbunden sein kann. Ansprechend auf das Anlegen eines elektrischen Stroms durch die eine oder die mehreren Verbindungsanschlüsse kann der VCSEL **20** einen Laserstrahl **28** mit einem im wesentlichen runden Querschnitt und einer gut gesteuerten Wellenlänge erzeugen, die durch den vertikalen Abstand definiert ist, der den unteren Spiegel **22** und den oberen Spiegel **24** trennt. Die Oberflächenabmessung der optischen Grenzfläche **30** des VCSEL-Laserhohlraums ist typischerweise in der Größenordnung von 10 µm.

[0033] Wie es nachfolgend detailliert erklärt wird, können die optischen Bauelemente (z. B. VCSEL) eines optoelektronischen Bauelements **10** durch Verbinden von Metallisierungsstrukturen des optischen Bauelementsystems und des optischen Linsensystems unter Verwendung von Lötmittelhöckeraufschmelztechnologie passiv mit einer optischen Linsensystem ausgerichtet werden. Dieses Merkmal reduziert die Herstellungskosten und die Herstellungsdauer. Die Empfindlichkeit der Leistungsfähigkeit des optischen Bauelements gegenüber der Dicke des optischen Bauelementsubstrats kann ebenfalls durch Verbinden der Bauelementseite des optischen Bauelementsubstrats mit der Bauelementverbindungsoberfläche des optischen Linsensystems reduziert werden. Zusätzlich können durch die Lötmittelhöckerverbindungen elektrische Verbindungen hergestellt werden, wodurch der Bedarf nach drahtgebundenen elektrischen Verbindungen vermieden wird. Dieses Merkmal reduziert die Induktivität und elektromagnetische Störungsemissionen, die im allgemeinen mit solchen Drahtverbindungsverbindungen verbunden sind.

[0034] Mit Bezugnahme auf **Fig. 2** umfaßt das optoelektronische Bauelement **10** bei einem Ausführungsbeispiel ein optisches Bauelementssystem **40** mit einem optischen Bauelementsubstrat **42**, das ein optisches Bauelement **44** (z. B. einen Lichtdetektor, wie z. B. eine Pin-Diode, oder einen Lichtsender, wie z. B. einen VCSEL) trägt, und eine lötbare Metallisierungsstruktur **46, 48** mit einer räumlichen Anordnung bezüglich des optischen Bauelements **44**. Das optoelektronische Bauelement **10** umfaßt außerdem ein optisches Linsensystem **50** mit einem optischen Element **52** und einer Bauelementverbindungsoberfläche **54**, die eine lötbare Metallisierungsstruktur **56, 58** mit einer räumlichen Anordnung bezüglich des optischen Elements **52** umfaßt. Die Metallisierungsstrukturen **46, 48** und **56, 58** können identisch übereinstimmen oder dieselben können unterschiedlich sein, in beiden Fällen sind jedoch die Metallisierungsstrukturen **46, 48** und **56, 58** so angeordnet, daß, wenn dieselben lötmittelverbunden werden, das optische Bauelement **44** und das optische Element **52** ausgerichtet sind. Das optische Ele-

ment **52** kann eine optische Linse **60** auf Bauelementseite und eine optische Linse **62** auf Faserseite umfassen. Die optischen Linsen **60, 62** können beugende oder brechende optische Linsen sein, die auf einem optischen Substrat **64**

5 (z. B. einem Glassubstrat) gebildet sind. Das optoelektronische Bauelement **10** umfaßt ferner eine Mehrzahl von Lötmittelhöckern **66**, die zwischen den Metallisierungsstrukturen **46, 48** und **56, 58** angeordnet sind. Während der Herstellung sind die Lötmittelhöcker **66** ursprünglich auf den Metallisierungsstrukturen **56, 58** des optischen Linsensystems **50** angeordnet. Das optische Bauelementsubstrat **42** ist mit dem optischen Substrat **64** ausgerichtet, in einer Genauigkeit, die für die Lötmittelhöcker **66** erforderlich ist, um mit dem Metallisierungsstrukturen **46, 48** des optischen Bauelementssystems **40** in Kontakt zu kommen. Die Anordnung wird dann auf eine Temperatur an oder über dem Schmelzpunkt der Lötmittelhöcker **66** erhöht. Die Lötmittelhöcker **66** benetzen die lötbare Metallisierungsstruktur **46, 48**, und Oberflächenspannungskräfte ziehen das optische Substrat **64** und das optische Bauelementsubstrat **42** in eine sehr genaue Ausrichtung (z. B. auf innerhalb  $\pm 4 \mu\text{m}$ ). Die Anordnung wird abgekühlt, um eine fest verbundene und genau ausgerichtete Struktur zu bilden. Die verbundene Struktur kann in einen Kopfblock eines Empfängermoduls eingebaut werden und unter Verwendung einer herkömmlichen Ausrichtungstechnologie auf Hülsenbasis mit den optischen Fasern der Lichtwellenleiter-Bandverbindung **14** ausgerichtet werden.

[0035] Bei der resultierenden Struktur des optoelektronischen Bauelements **10** richtet der Lötmittelhöckeraufschmelzung zwischen den Metallisierungsstrukturen **46, 48** und **56, 58** die optischen Linsen **60, 62** genau mit dem optischen Bauelement **44** in der X-Y-Ebene aus (d. h. orthogonal zu einer Z-Achse **68**, die der Achse der Lichtübertragung zwischen dem optischen Bauelementssystem **40** und dem optischen Linsensystem **50** entspricht). Zusätzlich sind die optischen Linsen **60, 62** und das optische Bauelement **44** entlang der Z-Achse **68** ausgerichtet, um einen gewünschten fokalen Abstand zwischen dem optischen Bauelement **44** 40 und dem optischen Element **52** zu erreichen. Bei dem Ausführungsbeispiel von **Fig. 2** wird die Z-Achsenausrichtung durch Einstellen der Dimension **70** der Lötmittelhöcker **66** entlang der Z-Achse **68** erreicht. Die Dimension **70** kann durch Ausgleichen der Oberflächenspannung und der Erdeanziehungskräfte an der Verbindungstemperatur gesteuert werden, auf der Basis einer Anzahl von Parametern, einschließlich der individuellen Lötmittelhöckervolumina, der Größen der benetzbaren Kontaktflächen, der Substratmasse und der Lötmitteloberflächenspannung.

[0036] Wie es in **Fig. 3** gezeigt ist, kann die Z-Achsenausrichtung zwischen dem optischen Bauelement **44** und dem optischen Element **52** bei einem anderen Ausführungsbeispiel erreicht werden durch Einlassen des optischen Elements **52** unterhalb der Bauelementverbindungsoberfläche **54**, um das optische Bauelement **44** von dem optischen Element **52** um einen Abstand **72** zu trennen, der benötigt wird, um einen gewünschten fokalen Abstand zwischen dem optischen Bauelement **44** und dem optischen Element **52** zu erreichen. Das optische Element **52** kann unter Verwendung von herkömmlichen Lithographie- und Ätztechniken unter die Bauelementverbindungsoberfläche eingelassen werden.

[0037] Mit Bezugnahme auf **Fig. 4** wird bei einem anderen Ausführungsbeispiel eines optoelektronischen Bauelements die Z-Achsenausrichtung zwischen dem optischen Bauelement **44** und dem optischen Element **52** durch die Anordnung eines Abstandhaltersubstrats **80** zwischen dem optischen Substrat **64** und dem optischen Bauelementsubstrat **42** erreicht, das eine Öffnung **82** umfaßt, die es ermög-

licht, daß Licht zwischen dem optischen Bauelement **44** und dem optischen Element **52** verläuft. Bei diesem Ausführungsbeispiel definiert die Bauelementverbindungsoberfläche **54** – die die Metallisierungsstrukturen **56, 58** trägt – eine Fläche des Abstandhaltersubstrats **80**. Die Z-Achsendicke eines Abstandhaltersubstrats **80** ist ausgewählt, um das optische Bauelement **44** von dem optischen Element **52** um einen Abstand **84** zu trennen, der benötigt wird, um einen gewünschten fokalen Abstand zwischen dem optischen Bauelement **44** und dem optischen Element **52** zu erreichen. Das Abstandhaltersubstrat **80** kann aus einem Halbleitermaterial, wie z. B. Silizium gebildet sein, und die Öffnung **82** kann unter Verwendung herkömmlicher Lithographie- und Ätztechniken gebildet werden. Das Abstandhaltersubstrat **80** kann durch herkömmliche Waferbondingprozesse (z. B. Haftverbindung, Siliziumfusionsverbindung, anodische Verbindung und thermokompressive Verbindungsprozesse) mit der optischen Oberfläche **64** verbunden werden. Die Waferbondingprozesse ermöglichen es vorteilhafterweise, daß die optoelektronischen Bauelemente **10** unter Verwendung von Stapelverarbeitung hergestellt werden können.

[0038] Mit Bezugnahme auf **Fig. 4B** können das Abstandhaltersubstrat **80** und das optische Substrat **64** bei einem alternativen Ausführungsbeispiel eines optoelektronischen Bauelements zusammen unter Verwendung eines Flip-Chip-Lötmittelverbindungsprozesses verbunden werden. Bei diesem Ausführungsbeispiel umfaßt das Abstandhaltersubstrat **80** eine Faserseitenmetallisierungsstruktur **90, 92**, und das optische Substrat **64** umfaßt eine Metallisierungsstruktur **94, 96**. Eine Mehrzahl von Lötmittelhöckern **98** ist zwischen den Metallisierungsstrukturen **90, 92** und **94, 96** angeordnet, um das optische Element **52** in einer Ausrichtung mit der Öffnung **82** zu verbinden. Die Z-Achsendicke des Abstandhaltersubstrats **80** und die Z-Achsendimension der Lötmittelhöcker **98** sind ausgewählt, um das optische Bauelement **44** von dem optischen Element **52** um einen Abstand **100** zu trennen, der benötigt wird, um einen gewünschten fokalen Abstand zwischen dem optischen Bauelement **44** und dem optischen Element **52** zu erreichen. Während der Herstellung sind die Lötmittelhöcker **98** ursprünglich auf der Metallisierungsstruktur **94, 96** des optischen Substrats **64** angeordnet. Das optische Substrat **64** ist mit dem Abstandhaltersubstrat innerhalb einer Genauigkeit ausgerichtet, die für die Lötmittelhöcker **28** erforderlich ist, um mit den Metallisierungsstrukturen **90, 92** des Abstandhaltersubstrats **80** in Kontakt zu kommen. Die Anordnung wird dann auf eine Temperatur an oder über dem Schmelzpunkt der Lötmittelhöcker **98** erhöht. Die Lötmittelhöcker **98** benetzen die lötaren Metallisierungsstrukturen **90, 92** und Oberflächenspannungskräfte ziehen das optische Substrat **64** und das Abstandhaltersubstrat **80** in eine sehr genaue Ausrichtung (z. B. auf innerhalb  $\pm 4 \mu\text{m}$ ). Die Anordnung wird abgekühlt, um eine fest verbundene und genau ausgerichtete Struktur zu bilden.

[0039] Mit Bezugnahme auf **Fig. 5A** und **5B** kann das optoelektronische Bauelement **10** eines oder mehrere Bauelemente **44** und eine entsprechende Anzahl von optischen Elementen **52** umfassen. Wie es in **Fig. 5A** gezeigt ist, kann das Abstandhaltersubstrat **80** eine einzige Öffnung **110** umfassen, durch die Licht zwischen den Paaren von optischen Bauelementen **44** und optischen Elementen **52** übertragen wird. Alternativ kann das Abstandhaltersubstrat **80** eine Öffnung **112, 114, 116** für jedes Paar von optischen Bauelementen **44** und optischen Elementen **52** umfassen, wie es in **Fig. 5B** gezeigt ist.

[0040] Wie es in **Fig. 6A** und **6B** gezeigt ist, kann bei einigen Ausführungsbeispielen eine integrierte Schaltung **120**, die konfiguriert ist, um die optischen Bauelemente des opti-

schen Bauelementsystems **40** zu treiben, durch herkömmliche Halbleiterverarbeitungstechniken einstückig mit dem Abstandhaltersubstrat gebildet sein (**Fig. 6A**). Alternativ kann die integrierte Schaltung **120** durch einen herkömmlichen Flip-Chip-Lötmittelverbindungsprozeß mit dem Abstandhaltersubstrat **80** verbunden sein (**Fig. 6B**).

[0041] Bei jedem der oben beschriebenen Ausführungsbeispiele kann die Metallisierungsstruktur auf eine Vielzahl von Weisen angeordnet sein, um einen Bereich von Ausrichtungsgenauigkeiten zu erreichen. Beispielsweise kann bei einem Ausführungsbeispiel die Metallisierungsstruktur des optischen Bauelementsystems **40** (und folglich die Metallisierungsstruktur der Bauelementverbindungsoberfläche **54**) aus zwei versetzten Arrays **130, 132** aus lötaren Verbindungsanschlüsseflächen **134** bestehen, die entlang gegenüberliegenden Seiten eines linearen Arrays von optischen Bauelementen **44** verlaufen, wie es in **Fig. 7A** gezeigt ist. Bei einem anderen Ausführungsbeispiel können die Metallisierungsstrukturen des optischen Substrats **64** und des Abstandhaltersubstrats **80** aus einem regulären rechteckigen Array von voneinander beabstandeten lötaren Verbindungsanschlüsseflächen bestehen, die auf gegenüberliegenden Seiten der Öffnung **82** angeordnet sind, wie es in **Fig. 7B** gezeigt ist.

[0042] Andere Ausführungsbeispiele liegen innerhalb des Schutzbereichs der Ansprüche. Beispielsweise können bei Ausführungsbeispielen von optoelektronischen Bauelementen, die mehr als zwei optische Kanäle parallel unterbringen, die optischen Bauelemente **44** und die optischen Elemente **52** in eindimensionalen oder zweidimensionalen Arrays angeordnet sein.

#### Patentansprüche

1. Optoelektronisches Bauelement (**10**), das folgende Merkmale aufweist:

ein optisches Bauelementsubstrat (**42**), das eines oder mehrere Bauelemente (**44**) trägt, und eine lötbare Metallisierungsstruktur (**46, 48**) mit einer räumlichen Anordnung bezüglich des einen oder der mehreren optischen Bauelemente (**44**) umfaßt;

ein optisches Linsensystem (**50**), das eine oder mehrere optische Linsen (**60, 62**) und eine Bauelementverbindungsoberfläche (**54**) umfaßt, die eine lötbare Metallisierungsstruktur (**56, 58**) mit einer räumlichen Anordnung bezüglich der einen oder den mehreren optischen Linsen (**60, 62**) trägt; und

eine Mehrzahl von Lötmittelhöckern (**66**), die zwischen den Metallisierungsstrukturen (**46, 48, 56, 58**) des optischen Bauelementsystems (**40**) und des optischen Linsensystems (**50**) angeordnet sind;

wobei die Mehrzahl von Lötmittelhöckern (**66**) das optische Bauelementsubstrat (**42**) mit der Bauelementverbindungsoberfläche (**54**) verbinden, wobei das eine oder die mehreren optischen Bauelemente (**44**) mit der einen oder den mehreren optischen Linsen (**60, 62**) ausgerichtet sind.

2. Optoelektronisches Bauelement gemäß Anspruch 1, bei dem die eine oder die mehreren optischen Linsen (**60, 62**) in die Bauelementverbindungsoberfläche (**54**) eingebaut sind.

3. Optoelektronisches Bauelement gemäß Anspruch 1 oder 2, bei dem die eine oder die mehreren optischen Linsen (**60, 62**) unterhalb der Bauelementverbindungsoberfläche (**54**) eingelassen sind.

4. Optoelektronisches Bauelement gemäß einem der Ansprüche 1 bis 3, bei dem das optische Linsensystem

(50) ein optisches Substrat (64) umfaßt, das die eine oder die mehreren Linsen (60, 62) umfaßt, wobei die Bauelementverbindungsoberfläche (54) eine Fläche eines Abstandshaltersubstrats (80) definiert.

5. Optoelektronisches Bauelement gemäß Anspruch 4, bei dem das optische Substrat (64) durch einen Waferbondingprozeß mit dem Abstandshaltersubstrat (80) verbunden ist.

6. Optoelektronisches Bauelement gemäß Anspruch 4, bei dem das optische Substrat (64) durch einen Flip-Chip-Lötmittelverbindungsprozeß mit dem Abstandshaltersubstrat (80) verbunden ist.

7. Optoelektronisches Bauelement gemäß einem der Ansprüche 4 bis 6, bei dem die Dicke des Abstandshaltersubstrats (80) auf der Basis eines repräsentativen fokalen Abstands zwischen dem einen oder den mehreren optischen Bauelementen (44) und der einen oder den mehreren optischen Linsen (60, 62) ausgewählt ist.

8. Optoelektronisches Bauelement gemäß einem der Ansprüche 4 bis 7, bei dem das Abstandshaltersubstrat (80) eine oder mehrere Öffnungen (82) umfaßt, durch die Licht zwischen dem einen oder den mehreren optischen Bauelementen (44) und der einen oder den mehreren optischen Linsen (60, 62) übertragen wird.

9. Optoelektronisches Bauelement gemäß einem der Ansprüche 4 bis 8, das ferner eine integrierte Schaltung (120) umfaßt, die auf dem Abstandshaltersubstrat (80) gebildet ist, und konfiguriert ist, um das eine oder die mehreren optischen Bauelemente (44) zu treiben.

10. Optoelektronisches Bauelement gemäß einem der Ansprüche 4 bis 9, das ferner eine integrierte Schaltung (120) umfaßt, die durch einen Flip-Chip-Lötmittelverbindungsprozeß mit dem Abstandshaltersubstrat verbunden ist, und konfiguriert ist, um das eine oder die mehreren optischen Bauelemente (44) zu treiben.

11. Optoelektronisches Bauelement gemäß einem der Ansprüche 1 bis 10, bei dem eine charakteristische Dimension der Mehrzahl von Lötmittelhöckern (36) auf der Basis eines repräsentativen fokalen Abstands zwischen dem einen oder den mehreren optischen Bauelementen (44) und der einen oder den mehreren optischen Linsen (60, 62) ausgewählt ist.

12. Optoelektronisches Bauelement gemäß einem der Ansprüche 1 bis 11, bei dem das eine oder die mehreren optischen Bauelemente (44) einen Vertikalresonatoroberflächenemissionslaser (20) oder einen Detektor oder beides umfassen.

13. Optoelektronisches Bauelement (10), das folgende Merkmale aufweist:

ein optisches Linsensystem (50), das ein Linsensubstrat (64) umfaßt, das eine oder mehrere optische Linsen (60, 62) und ein Abstandshaltersubstrat (80) trägt, in dem eine oder mehrere Öffnungen (82) definiert sind; und

ein optisches Bauelementssystem (40), das ein Bauelementsubstrat (42) umfaßt, das eines oder mehrere optische Bauelemente (44) trägt;

wobei das Linsensubstrat (64) mit dem Abstandshaltersubstrat (80) verbunden ist, und das Abstandshaltersubstrat (80) mit dem Bauelementsubstrat (42) mit der einen oder mehreren optischen Linsen (60, 62) verbunden ist, wobei die eine oder die mehreren optischen Öffnungen (82) und die eine oder die mehreren optischen Bauelemente (44) in übereinstimmender Ausrichtung zusammengehalten werden.

14. Verfahren zum Ausrichten eines optischen Bauelementssystems (40) und eines optischen Linsensystems (50), das folgende Schritte aufweist:

Positionieren eines optischen Bauelementssystems (40) mit einem oder mehreren optischen Bauelementen (44) und einer lötbaren Metallisierungsstruktur (46, 48) benachbart zu einem optischen Linsensystem (50) mit einer oder mehreren Linsen (60, 62) und einer lötbaren Metallisierungsstruktur (56, 58) mit einer Mehrzahl von Lötmittelhöckern (66), die auf derselben angordnet sind; und

Erwärmten der Mehrzahl von Lötmittelhöckern (66) auf eine Temperatur an oder über dem Schmelzpunkt der Lötmittelhöcker (66); wobei bei der Abkühlung die Mehrzahl von Lötmittelhöckern (66) das optische Bauelementssystem (40) mit dem optischen Linsensystem (50) verbinden, wobei das eine oder die mehreren optischen Bauelemente (44) mit der einen oder den mehreren optischen Linsen (60, 62) ausgerichtet sind.

15. Verfahren gemäß Anspruch 14, bei dem das optische Linsensystem (50) ein optisches Substrat (64) umfaßt, das die eine oder die mehreren Linsen (60, 62) und ein Abstandshaltersubstrat (80) umfaßt, das die Metallisierungsstruktur (46, 48) des optischen Linsensystems (50) trägt.

16. Verfahren gemäß Anspruch 15, das ferner das Verbinden des optischen Substrats (64) mit dem Abstandshaltersubstrat (80) umfaßt.

17. Verfahren gemäß Anspruch 15 oder 16, das ferner das Auswählen der Dicke des Abstandshaltersubstrats (80) auf der Basis eines repräsentativen fokalen Abstands zwischen dem einen oder den mehreren optischen Bauelementen (44) und der einen oder den mehreren optischen Linsen (60, 62) umfaßt.

18. Verfahren gemäß einem der Ansprüche 15 bis 17, das ferner das Bilden von einer oder mehreren Öffnungen (82) in dem Abstandshaltersubstrat (80) umfaßt, durch die Licht zwischen dem einen oder den mehreren optischen Bauelementen (44) und der einen oder den mehreren optischen Linsen (60, 62) übertragen wird.

19. Verfahren gemäß einem der Ansprüche 15 bis 18, das ferner das Verarbeiten des Abstandshaltersubstrats (80) umfaßt, um eine integrierte Schaltung (120) zu bilden, die konfiguriert ist, um das eine oder die mehreren optischen Bauelemente (44) zu treiben.

20. Verfahren gemäß einem der Ansprüche 14 bis 19, das ferner das Verbinden einer integrierten Schaltung (120), die konfiguriert ist, um das eine oder die mehreren optischen Bauelemente (44) zu treiben, mit dem Abstandshaltersubstrat (80) durch einen Flip-Chip-Lötmittelverbindungsprozeß umfaßt.

---

Hierzu 5 Seite(n) Zeichnungen

---

**- Leerseite -**

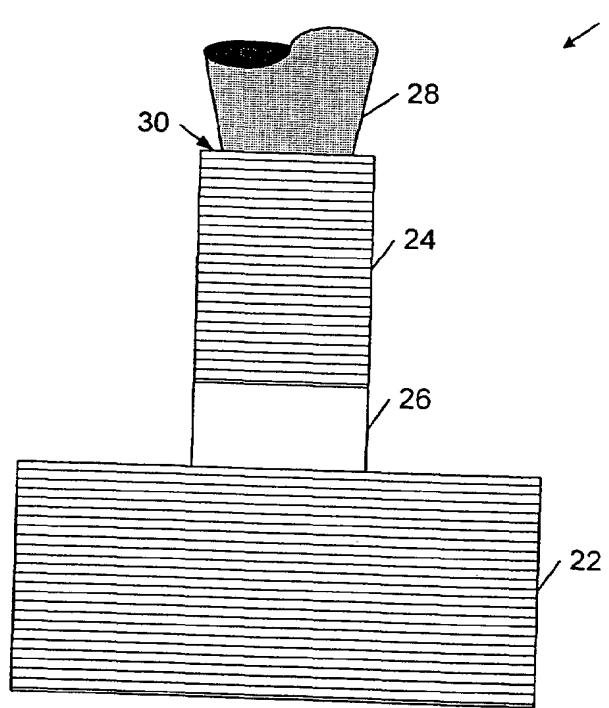


FIG. 1

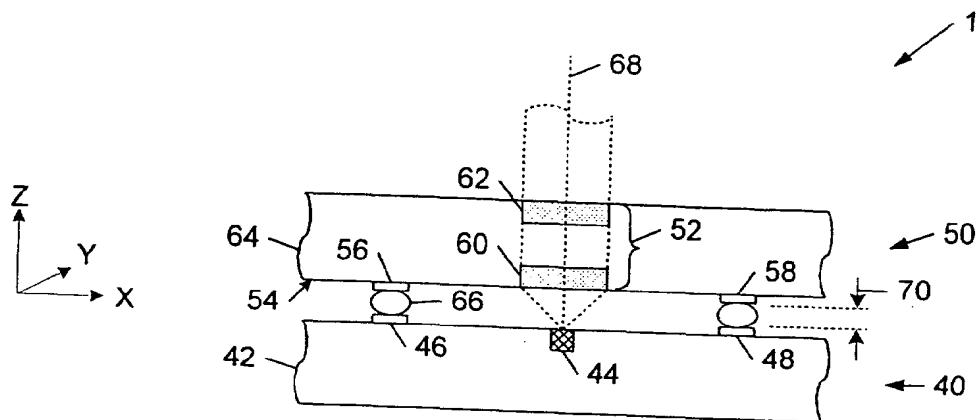


FIG. 2

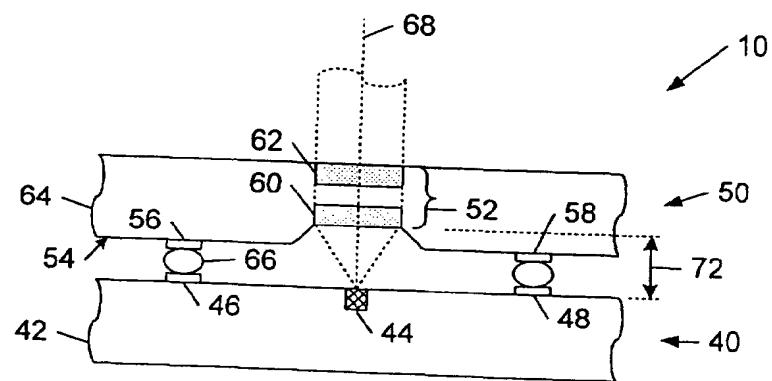


FIG. 3

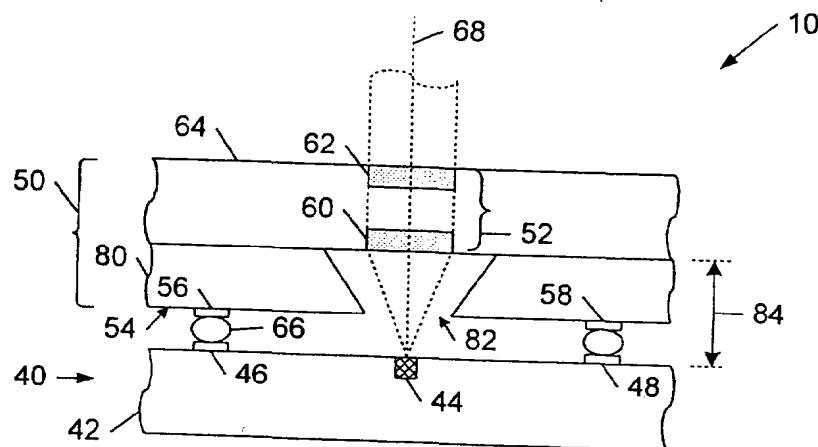


FIG. 4A

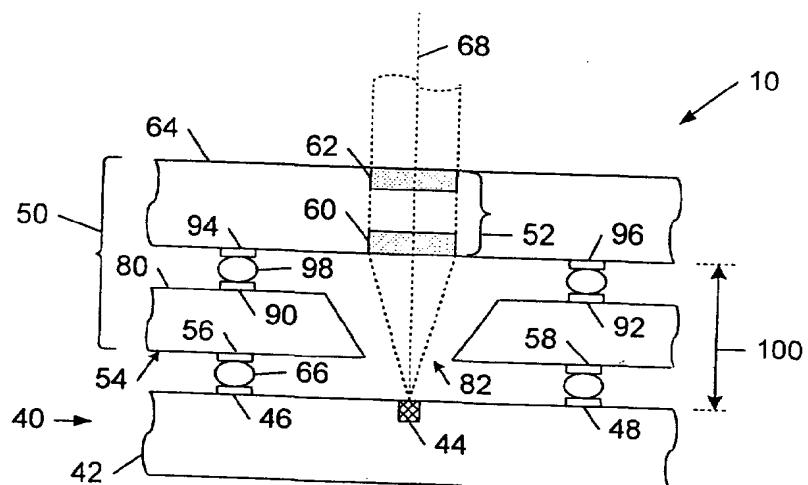
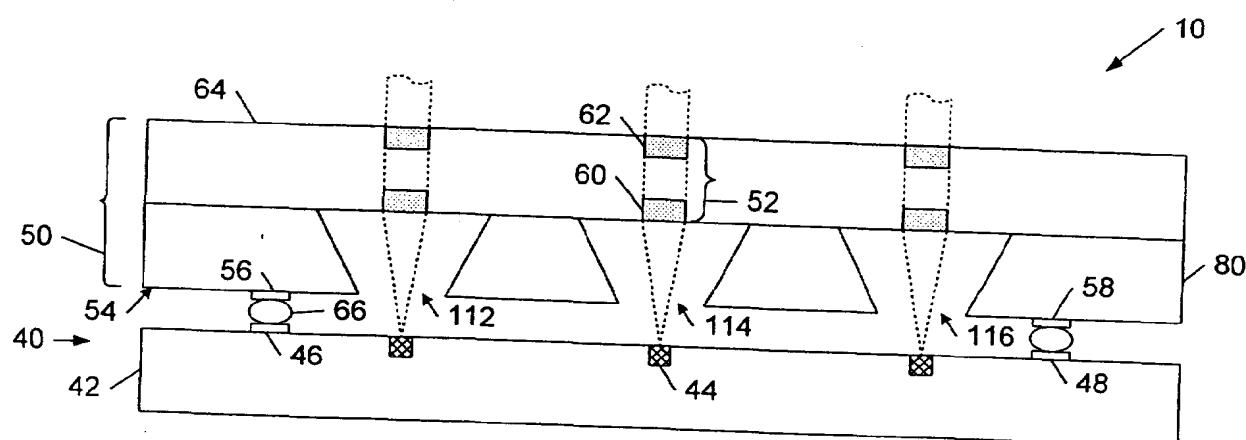
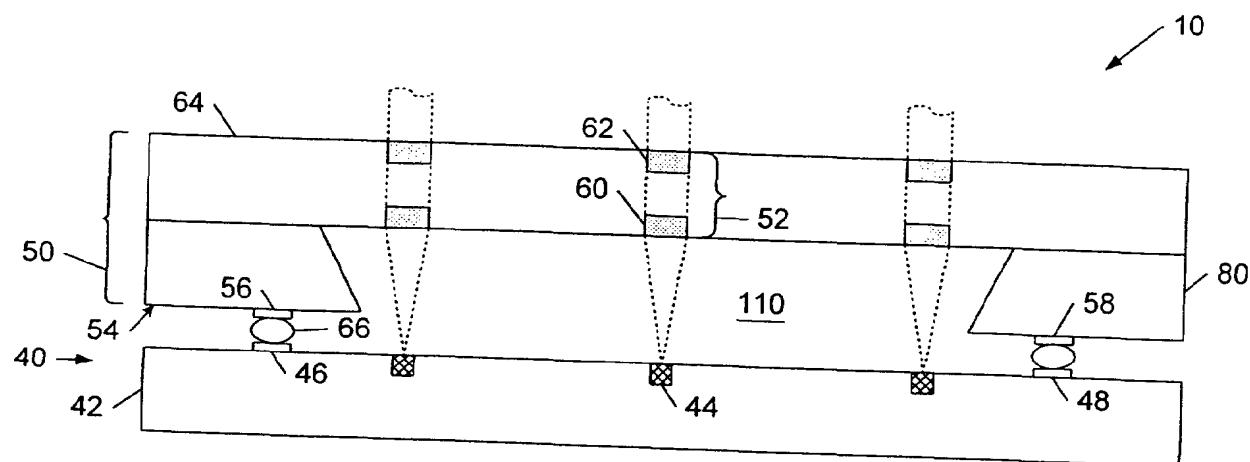


FIG. 4B



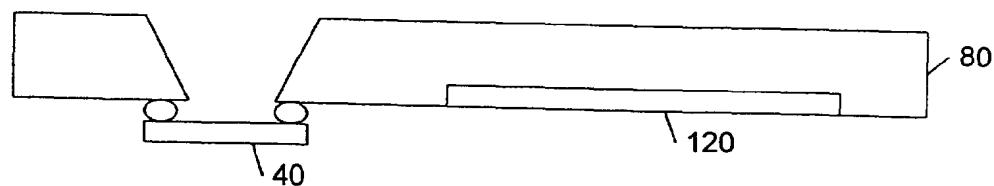


FIG. 6A

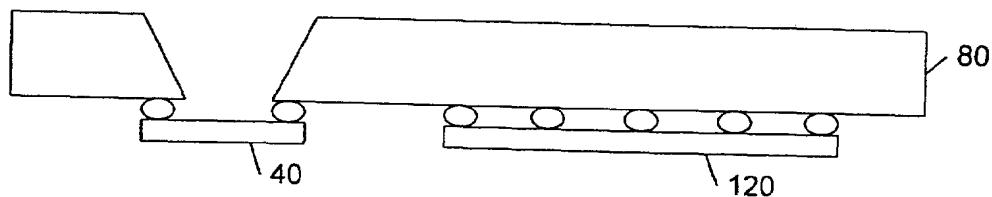


FIG. 6B

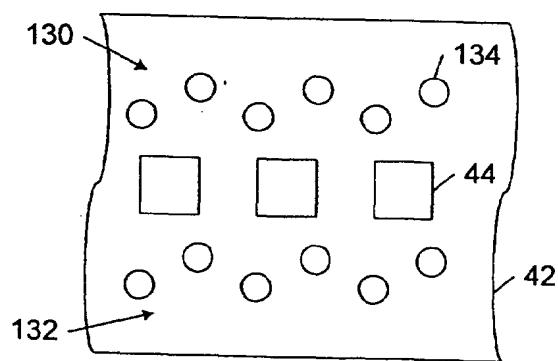


FIG. 7A

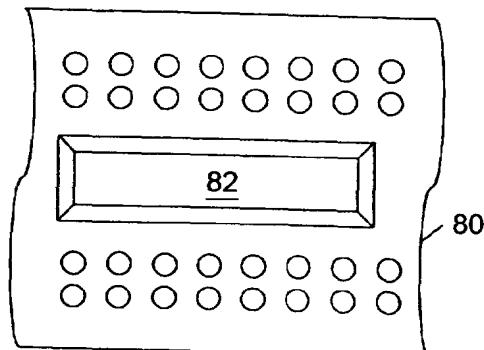


FIG. 7B